

Identificación y Cuantificación de Beneficios por la Adquisición de un Acelerador Lineal

J.A. Lozano-Suárez¹, M.F. Piña-Quintero² y M.R. Ortiz-Posadas^{1*}.

¹Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. CDMX.

²Departamento de Conservación y Mantenimiento. Instituto Nacional de Pediatría. CDMX.

**posa@xanum.uam.mx*

Resumen

El Instituto Nacional de Pediatría (INP) cuenta con un acelerador lineal que tiene más de diez años de antigüedad y está próximo a salir de soporte técnico por parte del proveedor, por lo que para garantizar la continuidad del Servicio de Radioterapia Pediátrica (SRP), se planea su sustitución, se definió la problemática, se evaluó la productividad del SRP, se analizó la oferta de aceleradores lineales en el mercado mexicano y se hizo la identificación y la cuantificación de los beneficios potenciales por mejora tecnológica. Todo esto forma parte de un Proyecto de Inversión para adquirir un nuevo acelerador lineal de alta energía. En este proyecto se evaluaron dos de estos equipos que arrojaron los siguientes beneficios por mejora tecnológica: la disminución del tiempo de radiación efectiva, es decir, una disminución en la exposición del paciente a la radiación por las mejores técnicas de tratamiento; y un aumento del número de sesiones de radioterapia diarias, lo que significa un incremento en el número de pacientes que podrían atenderse. En 2019 se atendieron 212 pacientes con el acelerador lineal actual, y con la mejora tecnológica, en un caso podrían atenderse 315, es decir, un aumento de 103 pacientes (49%); y en el otro, 270 pacientes, o sea, 58 pacientes más (27%), lo que evidentemente contribuiría a una mayor oferta de tratamientos de radioterapia para pacientes pediátricos oncológicos.

Palabras clave: Evaluación de acelerador lineal, indicadores de evaluación de tecnología médica, productividad del servicio de radioterapia, proyecto de inversión.

1. Introducción

Un Proyecto de Inversión (PI) es una intervención de carácter gubernamental que tiene como fin contribuir a la solución de una problemática de interés público mediante acciones con un alcance definido [1]. Contribuye a la formación de capital físico y/o humano para la atención de una necesidad o el aprovechamiento de una oportunidad. El proyecto implica la utilización de recursos (costos) para el logro de resultados (beneficios) en un determinado periodo (vida útil del proyecto) [2]. Como parte de la evaluación de un PI de equipo médico, es necesario conocer la productividad del servicio médico respectivo y estimar los beneficios potenciales por la incorporación del equipo médico nuevo. El Instituto Nacional de Pediatría (INP) planea adquirir un acelerador lineal de alta energía debido a que el actual tiene una antigüedad mayor a diez años y el proveedor ya no proporcionará el soporte técnico necesario para mantener su funcionamiento óptimo. Para tal efecto, se requiere elaborar un proyecto de inversión de equipo médico que incluya información técnica del equipo médico y datos epidemiológicos de los pacientes que reciben radioterapia en el Instituto, con el fin de darle soporte a la solicitud para la adquisición de dicho equipo. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue contribuir a desarrollar un proyecto de inversión, para adquirir un nuevo acelerador lineal de alta energía para el Servicio de Radioterapia Pediátrica del INP, mediante la identificación y cuantificación de beneficios por mejora tecnológica.

2. Metodología

La contribución al Proyecto de Inversión del acelerador lineal de alta energía para el INP consistió en tres etapas: 1) Estimación de la productividad del Servicio de Radioterapia Pediátrica con el acelerador lineal actual; 2) Investigación de la oferta de aceleradores lineales de última generación en el mercado mexicano; y, 3) Identificación y cuantificación de los beneficios potenciales por mejora tecnológica. Dichas etapas se describen a continuación.

1. *Productividad actual del Servicio de Radioterapia Pediátrica (SRP)*. El objetivo fue conocer la operación del Servicio, identificando los procedimientos de radioterapia que se realizan, las técnicas utilizadas y el personal (médico y paramédico) involucrado en el tratamiento de los pacientes oncológicos. Se estimó la productividad del SRP en función del acelerador lineal (AL) instalado actualmente; así como un análisis comparativo de las especificaciones técnicas del equipo con la *Cédula de especificaciones técnicas para acelerador lineal de alta energía* [3].

2. *Oferta de aceleradores lineales en México*. Se hizo un análisis comparativo de las especificaciones técnicas de los modelos de AL de última generación que se ofrecen en el mercado nacional, para seleccionar los equipos que potencialmente podrían adquirirse.

3. *Beneficios potenciales*. Se identificaron y cuantificaron los beneficios por mejora tecnológica, con base en la guía para la Evaluación de Programas de Inversión de Adquisición y Mantenimiento [4], mediante la comparación de la situación actual y la situación con proyecto de inversión.

3. Resultados y Discusión

3.1 Productividad del Servicio de Radioterapia Pediátrica

Para estimar la productividad del Servicio de Radioterapia Pediátrica (SRP) se desarrolló un conjunto de seis indicadores que involucran variables asociadas con los tiempos y los procedimientos realizados. Dichos indicadores se aplicaron a datos del año 2019, como se muestra a continuación.

Disponibilidad del acelerador lineal (D_{AL}). El Servicio de Radioterapia trabaja de lunes a viernes ocho horas en el turno matutino durante 48 semanas al año; se descuentan cuatro semanas por vacaciones, días de asueto y/o mantenimiento del equipo. El tiempo que el acelerador lineal se puede utilizar al año es: $D_{AL} = (48 \text{ semanas})(5 \text{ días})(8 \text{ horas}) = 1920 \text{ horas}$

Tiempo efectivo de uso (TEU). Se refiere al tiempo que el acelerador lineal actual (AL_A) se utiliza de manera efectiva y se calculó con la expresión (1) y los datos mostrados en la Tabla 1.

$$TEU = \frac{(P_A)(R_P)(TRE_{ALA})}{60 \text{ minutos}} \quad (1)$$

$$TEU = \frac{(212)(26)(5)}{60 \text{ minutos}} = 459 \text{ horas}$$

Tabla 1: Datos de los pacientes atendidos en el Servicio de radioterapia en 2019 [5][6].

Descripción del parámetro	Valor
Pacientes atendidos en 2019 (P_A)	212
Sesiones totales de radioterapia por paciente (R_P)	26
Tiempo de radiación efectiva del equipo actual (TRE_{ALA})	5 min/sesión

Tiempo de atención del total pacientes (T_P). Este parámetro indica el tiempo invertido en la atención de todos los pacientes oncológicos del Servicio de Radioterapia Pediátrica atendidos en 2019, y se

obtuvo mediante la suma de dos tiempos: Tiempo de atención de paciente de primera vez (T_{PP}) + Tiempo de atención de pacientes regulares (T_{PR}). Hay que mencionar que el tratamiento de un paciente requiere en promedio 26 sesiones de radioterapia, una de primera vez y 25 subsiguientes. Los datos utilizados son del año 2019 (Tabla 2).

Tabla 2: Datos del proceso de atención de pacientes en el SR [5][6].

Descripción del parámetro	Valor
Pacientes atendidos en 2019 (P_A)	212
Sesión inicial de radioterapia por paciente (S_i)	1
Sesiones regulares de radioterapia por paciente (S_R)	25
Tiempo de la sesión inicial de radioterapia (TS_i)	45 minutos
Tiempo de la sesión regular de radioterapia (TS_R)	15 minutos

$$\text{Tiempo de atención de paciente de primera vez } (T_{PP}): T_{PP} = \frac{(P_A)(S_i)(TS_i)}{60 \text{ minutos}} \quad (2)$$

$$T_{PP} = \frac{(212)(1)(45)}{60} = 159 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo de atención de pacientes regulares } (T_{PR}): T_{PR} = \frac{(P_A)(S_R)(TS_R)}{60 \text{ minutos}} \quad (3)$$

$$T_{PR} = \frac{(212)(25)(15)}{60} = 1325 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo de atención del total pacientes } (T_P): T_P = T_{PP} + T_{PR} \quad (4)$$

$$T_P = 159 \text{ horas} + 1325 \text{ horas} = 1484 \text{ horas}$$

Al dividir T_P entre el tiempo disponible del equipo (D_{AL}) se obtiene la productividad del Servicio de Radioterapia (P_{SR}) durante 2019:

$$P_{SR} = \frac{T_P}{D_{AL}} = \frac{1484 \text{ horas}}{1920 \text{ horas}} = 0.77 = 77\%$$

3.2 Oferta de Aceleradores Lineales en México

Actualmente solo hay dos marcas en el mercado mexicano que ofrecen aceleradores lineales de última generación y para este estudio se eligieron los modelos más recientes de cada marca. Para efectos de este trabajo los equipos se etiquetarán como AL_1 y AL_2 . Las especificaciones técnicas (ET) de ambos aceleradores fueron consultadas en los manuales técnicos [7], [8] y complementadas con información solicitada directamente al proveedor respectivo.

La comparación de las 56 especificaciones técnicas (ET) de los dos equipos nuevos (AL_1 y AL_2) con las 28 ET del actual AL_A se hizo tomando como referencia la Cédula [3]. Resultó que 18 especificaciones de los equipos nuevos (Tabla 3), tienen una mejora tecnológica con respecto al actual, lo que representa el 33%. Posteriormente se analizaron dichas mejoras y se tradujeron en beneficios potenciales para cada modelo nuevo de acelerador lineal (Tabla 4). Observe que se identificaron ocho mejoras tecnológicas que son comunes a los dos equipos, una mejora (a) que sólo tiene el AL_1 y dos mejoras (b, c) que solo tiene el AL_2 . En cualquier caso, ambos modelos proporcionan dos beneficios en la radioterapia de los pacientes: aumento en el número de sesiones de radioterapia diarias y disminución de la radiación efectiva por sesión de radioterapia.

Tabla 3: Análisis comparativo de las especificaciones técnicas de los aceleradores lineales AL_A, AL₁ y AL₂.

Especificación técnica	AL _A	AL ₁	AL ₂
1. Haz de onda	Estacionaria	Estacionaria	Viajera
2. Energía de fotones (MeV)	6 a 21	5 a 20	6 a 10
3. Niveles de energía de e ⁻	5	5	6
4. Tipo de fuente de energía	Klystron	Klystron	Magnetrón
5. Rotación de gantry	± 190°	± 185°	± 185°
6. Precisión de gantry (mm)	2	0.5	0.7
7. Rango de apertura de Rx en tamaño del campo (cm ²)	(0×0) a (40×40)	(0.5×0.5) a (40×40)	(0.5×0.5) a (40×40)
8. Multihojas con espesor (mm)	160 con 5.5	120 con 10	160 con 5
9. Máxima dosis de fotones	2,000 UM/min	1,400 UM/min	2,200 UM/min
10. Rango de dosis de e ⁻ (UM/min)	300 a 900	1000 a 2500	600 a 3000
11. Movimiento vertical (máx) de mesa (cm)	105	106	110
12. Movimiento longitudinal (máx) de mesa (cm)	90	145	100
13. Carga de mesa de tratamiento	250 Kg	227 Kg	250 Kg
14. Rayos X de arco (grados/UM)	0.02	0.01	0.1 a 1.99
15. e ⁻ en terapia de arco (grados/UM)	0.02	0.01	0.1 a 1.99
16. Tamaño de campo de cuña dinámica (cm)	40×20	40×20	40×30
17. Tipo de tratamiento	Radioterapia	Radioterapia y/o radiocirugía	
18. Técnicas de radioterapia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Radioterapia 3D conformacional ▪ Radioterapia de intensidad modulada (IMRT) ▪ Radioterapia guiada por imagen (IGRT) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Radioterapia 3D conformacional ▪ IMRT ▪ IGRT ▪ Radioterapia estereotáxica extracraneal (SBRT) ▪ Arcoterapia volumétrica de intensidad modulada (VMAT) 	

Tabla 4: Mejoras tecnológicas y beneficios potenciales de los aceleradores AL₁ y AL₂.

Mejora tecnológica		Beneficios
AL ₁	AL ₂	
1. Aumento en el nivel de electrones lo que genera radiación con más intensidad.		B1. Aumento en el número de sesiones de radioterapia al día
2. Mayor tamaño de campo en distancia a blanco para aumentar los fotones de Rx		
a) Menos multihojas del colimador para mayor precisión del haz de radiación	-	
-	b) Mayor dosis de fotones de Rx	
3. Mayor intensidad de dosis de e ⁻		
4. Terapia de arco con mayor intensidad de fotones de Rx y e ⁻		B2. Disminución del tiempo de radiación efectiva por sesión de radioterapia
5. Mayor potencia del haz de radiación para radioterapia y/o radiocirugía		
6. Nuevas técnicas de radioterapia (SBRT y VMA).		
7. Mayor precisión del gantry para emitir e ⁻ y fotones de Rx		
8. Mayor precisión en el campo visual de tratamiento		
-	c) Mayor tamaño del campo visual de tratamiento debido a la cuña dinámica	

3.3 Beneficios Potenciales

La cuantificación de los beneficios potenciales se hizo a través de otro conjunto de indicadores que incorporan parámetros de tiempo y número de sesiones de radioterapia, los cuales se aplicaron en los tres aceleradores lineales. Posteriormente calculó la diferencia entre los resultados obtenidos con el acelerador lineal actual (AL_A) y los dos aceleradores elegidos del mercado: AL_1 y AL_2 . A continuación se muestra el cálculo de dichos indicadores.

$$\text{Tiempo de Preparación del Paciente (TPp): } TPp = TSR - TRE \quad (5)$$

Donde: TSR es el tiempo de sesión de radioterapia y TRE el tiempo de radiación efectiva.

Para calcular el TPp_{ALA} se sustituyeron los datos de las Tablas 1 y 2 en (5):

$$TPp_{ALA} = TSR_{ALA} - TRE_{ALA} = 15 - 5 = 10 \text{ minutos}$$

$$\text{Tiempo de Sesión de Radioterapia (TSR): } TSR = TPp + TRE \quad (6)$$

Para calcular el TSR para el acelerador AL_1 se consultó en el manual técnico [8] que el $TRE_{AL1} = 0.105$ minutos. Sustituyendo este valor y el TPp_{ALA} en la ecuación (6), se obtuvo:

$$TSR_{AL1} = TPp_{ALA} + TRE_{AL1} = 10 + 0.105 \cong 10 \text{ minutos/sesión}$$

Para calcular el TSR del acelerador AL_2 , se consultó un comunicado [9] sobre el funcionamiento del equipo que reportó el $TRE_{AL2} = 2$ minutos. Sustituyendo este dato y el TPp_{ALA} en la ecuación (6) se obtuvo:

$$TSR_{AL2} = TPp_{ALA} + TRE_{AL2} = 10 + 2 \cong 12 \text{ minutos/sesión}$$

$$\text{Sesiones de Radioterapia al Día (SRD): } SRD = \frac{TA_D}{TSR} \quad (7)$$

Para calcular SRD_{AL1} se consideró el tiempo diario invertido en tratamientos de radioterapia dentro del SRP: $TA_D = 3.5$ horas = 210 minutos [10]. Sustituyendo este valor y el TSR para cada acelerador lineal en la ecuación (7), se obtuvo:

$$SRD_{AL1} = \frac{TA_D}{TSR_{AL1}} = \frac{210 \text{ minutos}}{10 \text{ minutos/sesión}} = 21 \text{ sesiones de radioterapia}$$

$$SRD_{AL2} = \frac{TA_D}{TSR_{AL2}} = \frac{210 \text{ minutos}}{12 \text{ minutos/sesión}} = 18 \text{ sesiones de radioterapia}$$

3.3.1 Beneficios por mejora tecnológica

Se identificaron dos beneficios por mejora tecnológica: 1) Disminución de tiempo de radiación efectiva (TRE); y, 2) Aumento del número de sesiones de radioterapia al día (SRD). La cuantificación de dichos beneficios, como se comentó, se hizo mediante la diferencia entre los datos del AL_A y los otros dos (AL_1 y AL_2), como se muestra a continuación.

$$\text{Tiempo de radiación efectiva (TRE): } TRE = TRE_{AL(1,2)} - TRE_{ALA} \quad (8)$$

$$TRE_{AL1} = TRE_{AL1} - TRE_{ALA} = 0.105 - 5 = -4.89 \text{ minutos}$$

$$TRE_{AL2} = TRE_{AL2} - TRE_{ALA} = 2 - 5 = -3 \text{ minutos}$$

Estos resultados indican que con el AL_1 el tiempo de radiación efectiva disminuye casi 5 minutos y con el AL_2 disminuye 3 minutos.

Sesiones de Radioterapia al Día (SRD): $SRD = SRD_{AL(1, 2)} - SRD_{ALA}$ (9)

$$SRD_{AL1} = SRD_{AL1} - SRD_{ALA} = 21 - 14 = 7 \text{ sesiones}$$

$$SRD_{AL2} = SRD_{AL2} - SRD_{ALA} = 18 - 14 = 4 \text{ sesiones}$$

Estos resultados indican que con el AL₁ las sesiones diarias de radioterapia se incrementarían en siete, mientras que con el AL₂ el aumento sería de cuatro sesiones.

3.3.2 Aumento de la Oferta de Atención Médica

El hecho de que las sesiones de radioterapia diarias aumenten, significa que también aumenta el número de pacientes oncológicos que podrían recibir radioterapia en el Instituto. En este sentido se procedió a calcular las sesiones de radioterapia al año por cada acelerador lineal.

Sesiones de Radioterapia al Año (SRA): $SRA = SRD(D_L)(S_L)$ (10)

Donde: SRD = sesiones de radioterapia/día, D_L= 5 días laborales, S_L= 48 semanas laborales

Por lo tanto: $SRA = SRD(5 \text{ días})(48 \text{ semanas}) = SRD(240)$ (11)

Calculando las sesiones de radioterapia para cada acelerador lineal:

$$SRA_{ALA} = SRD_{ALA}(240) = 14 (240) = 3360 \text{ sesiones/año}$$

$$SRA_{AL1} = SRD_{AL1}(240) = 21 (240) = 5040 \text{ sesiones/año}$$

$$SRA_{AL2} = SRD_{AL2}(240) = 18 (240) = 4320 \text{ sesiones/año}$$

Promedio de Sesiones de Radioterapia por Paciente: $\bar{S}_p = \frac{SRA}{TP_o}$ (12)

Donde: TP_O= 220, que es el total de pacientes oncológicos atendidos en 2019 [10].

$$\bar{S}_p = \frac{SRA_{ALA}}{TP_o} = \frac{3360}{212} = 16 \text{ sesiones /paciente}$$

Para poder calcular el número de pacientes que recibirán radioterapia al año (PRA) con los aceleradores AL₁ y AL₂, se consideraron las sesiones de radioterapia calculadas respectivamente y el promedio con AL_A: $\bar{S}_p = 16$ sesiones de radioterapia/paciente. Sustituyendo estos valores en la ecuación (13), se obtuvo:

$$PRA = \frac{SRA}{\bar{S}_p} \quad (13)$$

$$PRA_{AL1} = \frac{SRA_{AL1}}{\bar{S}_p} = \frac{5040 \text{ sesiones de radioterapia}}{16 \text{ sesiones /paciente}} = 315 \text{ pacientes}$$

$$PRA_{AL2} = \frac{SRA_{AL2}}{\bar{S}_p} = \frac{4320 \text{ sesiones de radioterapia}}{16 \text{ sesiones /paciente}} = 270 \text{ pacientes}$$

Para cuantificar el aumento de la oferta de atención médica, simplemente se obtiene la diferencia entre los pacientes atendidos en 2019 con los pacientes que podrían atenderse con los dos equipos seleccionados:

$$TP_{AL1} = PRA_{AL1} - TP_o = 315 - 212 = 103 \text{ pacientes más}$$

$$TP_{AL2} = PRA_{AL2} - TP_o = 270 - 212 = 58 \text{ pacientes más}$$

Es claro que con ambos equipos habría un aumento en el número de pacientes que se atenderían en el Servicio de Radioterapia Pediátrica, en el caso de AL₁ habría un aumento de 49% y en el caso de AL₂ de 27%.

El total de beneficios cuantificados con los tres aceleradores lineales y su comparación entre ellos se muestra en la Tabla 5. Observe que los dos aceleradores nuevos (AL₁ y AL₂) muestran claramente mayores beneficios en comparación con el actual (AL_A). Note también que los dos aceleradores nuevos presentan diferencias en algunos de los beneficios potenciales calculados, sin embargo, la adquisición de cualquiera de estos equipos, significaría una mejora tecnológica con sus respectivos beneficios para

el tratamiento de los pacientes pediátricos oncológicos atendidos en el Servicio de Radioterapia Pediátrica del Instituto Nacional de Pediatría.

Tabla 5. Comparación de los beneficios cuantificados para AL_A, AL₁ y AL₂.

Beneficios	AL _A	AL ₁	AL ₂
Tiempo de Sesión de Radioterapia (TSR)	15 minutos	10 minutos	12 minutos
Sesiones de Radioterapia al Día (SRD)	14 sesiones	21 sesiones	18 sesiones
Tiempo de radiación efectiva (TRE)	5 minutos	0.105 minutos	2 minutos
Sesiones de Radioterapia al Año (SRA)	3360	5040	4320
Pacientes que recibirán radioterapia al año (PRA)	212	315	270

4. Conclusiones

Se realizó un estudio de caso para la identificación y cuantificación de beneficios potenciales de un Proyecto de Inversión para la adquisición de un acelerador lineal de alta energía para el Servicio de Radioterapia Pediátrica del Instituto Nacional de Pediatría, que arrojó los siguientes resultados:

Se identificaron dos beneficios por mejora tecnológica. El primero fue la disminución del tiempo de radiación efectiva por sesión de radioterapia, ya que la radiación efectiva del AL_A es de cinco minutos, mientras que con el AL₁ habría una disminución de casi cinco minutos (97%) y con el AL₂, disminuiría 3 minutos (60%). Al disminuir el tiempo de radiación efectiva, la exposición del paciente a la radiación disminuye y por lo tanto, aumenta su seguridad.

El segundo beneficio fue el aumento del número de sesiones de radioterapia diarias, de 14 sesiones con AL_A, a 21 sesiones con el AL₁ (un aumento de 50%); y con el AL₂ se harían 18 sesiones diarias (un aumento del 27%). El incremento en las sesiones de radioterapia diarias implica un incremento en el número de pacientes que podría atenderse: con el AL_A se atendieron 212 pacientes en 2019, con el AL₁ se atenderían 315, un aumento de 103 pacientes (49%); y con el AL₂, se atenderían 270 pacientes, 58 pacientes más (27%). El aumento en el número de pacientes atendidos en el Servicio de Radioterapia del Instituto contribuiría a una mayor oferta de tratamientos de radioterapia para los pacientes pediátricos oncológicos.

Con la cuantificación de beneficios se mostró que el acelerador lineal AL₁ tiene mayores beneficios que el AL₂, ya que el equipo puede proporcionar más sesiones de radioterapia, atender un mayor número de pacientes oncológicos y disminuir el riesgo por exposición a la radiación efectiva durante el tratamiento de radioterapia.

Finalmente, la sistematización de información técnica y epidemiológica para la elaboración del Proyecto de Inversión (PI) para la adquisición de un acelerador lineal de alta intensidad resultó muy útil para la Coordinación de Electromedicina, para identificar y cuantificar los beneficios potenciales del equipo médico por adquirir, coadyuvando en el proceso de la evaluación socioeconómica y el registro del PI en la cartera de la SHCP.

Declaración de conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés para este trabajo.

Agradecimientos

Los autores queremos agradecer al personal médico y paramédico del Servicio de Radioterapia Pediátrica y al personal técnico de la Coordinación de Electromedicina del Instituto Nacional de Pediatría, porque sin su colaboración el desarrollo de este trabajo no hubiera sido posible.

Referencias

- [1] M. F. Piña, “Proyecto de Unidad de Inversiones.”, Dirección General y Dirección de Administración, Instituto Nacional de Pediatría, CDMX, Dic. 2018.
- [2] *Guía Básica de Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública*, Secretaría de Finanzas del Gobierno del Estado de Oaxaca, Oaxaca, 1rd ed., 2013.
- [3] Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC), “Cédula de especificaciones técnicas del acelerador lineal de alta energía.” [En línea]. 2016. Disponible en: http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/CETpdf/aceleradores/Alta_energiadual.pdf
- [4] Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). “Metodología y guía para la evaluación de Programas de Inversión de Adquisición y Mantenimiento.” [En línea]. 2015. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/22578/Met_Adq_y_Mtto_Parte2.pdf
- [5] J.J. Amador, “Informe general mensual del Servicio de Radioterapia Pediátrica 2019.”, Servicio de Radioterapia, Instituto Nacional de Pediatría, CDMX, 2019.
- [6] E. Tomé, “Proceso de atención del paciente diagnosticado dentro del servicio de radioterapia con el acelerador lineal.”, entrevista, Servicio de Radioterapia, Instituto Nacional de Pediatría, CDMX, 10 de febrero del 2020.
- [7] Elekta [E]. “Versa HD Brochure.” [En línea]. 2019. Disponible en: <https://www.elekta.com/dam/jcr:87df2a31-552e-4117-ab12-5ca4130be849/Versa-HD-Brochure.pdf>
- [8] Varian Medical System [VMS], “Vitalbeam Linear Accelerator Specifications Systems.”, VMS, Germany, Tech. rep. RAD-10363A, 2015.
- [9] Clínica Universidad de Navarra, “La Clínica Universidad de Navarra adquiere el acelerador lineal más avanzado para el tratamiento del cáncer con radioterapia.” [En línea]. 2014. Disponible en: <https://www.cun.es/actualidad/noticias/nuevo-acelerador-lineal-avanzado>
- [10] E. Tomé, “Control semanal de pacientes del servicio de radioterapia”, entrevista, Servicio de Radioterapia, Instituto Nacional de Pediatría, CDMX, 17 de febrero del 2020.